

BRUNO ENGLERTH

**Histologische Untersuchungen
über die Entwicklung des Parodontiums
im Unterkiefer der Ratte**

1963
=

Aus dem Anatomischen Institut der
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. nat. A. Dabelow

Histologische Untersuchungen über die Entwicklung des Parodontiums im Unterkiefer der Ratte

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde der
Hohen Medizinischen Fakultät der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Bruno Englerth aus Rottweil am Neckar

Mainz 1963

Dekan: Prof. Dr. Dr. K. Wagner

Referent: Prof. Dr. J. Rohen

Korreferent: Prof. Dr. Dr. A. Dabelow

*Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet*

Inhaltsübersicht

A. Einleitung	Seite 3
B. Material und Methodik	Seite 11
C. Befunde	Seite 12
D. Diskussion	Seite 14
E. Zusammenfassung	Seite 16
F. Abbildungen	Seite 17
G. Literaturverzeichnis	Seite 29

A. EINLEITUNG

Unter Parodontium versteht man in der Regel die funktionelle Einheit der vier paradentalen Gewebsgruppen: Gingiva, Periodontium, Zement und angrenzender Alveolarknochen (*Hänpl-Lang*). 1854 beschrieb *Köl liker* die Wurzelhaut als „eine die Zahnhöhle auskleidende, weiß-gelbliche, ziemlich weiche und nachgiebige, meist dünne Haut“ und nannte sie „Periost“. *Magitot* unterschied es vom Periost der übrigen Knochen durch das Fehlen elastischer Elemente und dem Reichtum an Nerven. Allgemein verglich man den in der Alveole steckenden Zahn mit einem eingetriebenen Nagel (*Comphosis*) und gelangte zur Vorstellung einer Synarthrose. Dieser Ansicht traten vor allem französische Autoren wie *Cruveilhier* und *Sappey* entgegen. *Ranvier* lehnte die Existenz einer trennbaren Membran zwischen Alveole und Zahn ab. Etwa zur gleichen Zeit regte *Malassez* an, die bisherige Bezeichnung der Wurzelhaut als Periost aufzugeben und durch „Ligament alvéolo - dentaire“ zu ersetzen. Damit trat eine mehr funktionelle Betrachtungsweise in den Vordergrund.

In neuerer Zeit spricht die sogenannte Wiener Schule (*Gottlieb, Orban, Sicher, Stein, Weinmann* u. a.) vom Parodontium als einer „funktionellen Einheit“. Demgegenüber betonten *Mach, Landsberger, Weski, Weidenreich* u. a. mehr die anatomischen Unterschiede der zum Parodontium gehörigen Gewebe.

Nach *Weidenreich* gehören Zahn und Alveolarwand zusammen. Der Zahn kann mit ihr seine Lage verändern, aber er kann sich unter normalen Verhältnissen nicht gegen sie verschieben. Die Fasermassen der Wurzelhaut sind im wesentlichen die unverknöchert gebliebenen Mittelstücke von Bindegewebsbündeln eines morphologisch und funktionell einheitlichen und in radiärer Richtung zur Zahnachse orientierten Faserapparates, dessen periphere (alveolärer Innenbelag) und zentrale (Zement) Enden verknöchert sind. Der Zahn wächst in den Kiefer hinein. Zugleich mit der apikalen Verlängerung legt sich auch die Alveolarwand als verknöchernde Außenzone des Periodontiums der Zahnanlage an. Ein direktes Herausrücken des Zahnes findet nicht statt, sondern die Alveolarwand wird von der Oberfläche her abgebaut. Verschiebungen im Gebiet der Wurzelhaut wären damit unnötig, denn mit der Zahnschubstanzbildung muß auch der Fixationsapparat (Zement, periodontale Fasern, Alveolenwand) gebildet werden. Aus dem von ihm histologisch beschriebenen Abbau der Alveolarränder folgert *Mach*, daß der Fixationsapparat laufend von oben her der Auflösung anheimfalle. *Landsberger* ist derselben Meinung und hat diese fehlende Verschiebungsmöglichkeit zwischen Zahn und Alveole durch den Begriff der „organischen Einheit“ charakterisiert.

Im Gegensatz zu dieser Anschauung steht die Wiener Schule. *Orban* kommt auf Grund histologischer Untersuchungen des Periodontiums zu der Ansicht, daß durch den besonderen Bau des Fixationsapparates eine Verschiebung zwischen Zahn und Alveole möglich sei. Er untersuchte das Periodontium verschiedener Zahnkeime und fand überall eine gleichartige Struktur. Daraus folgert er, daß wachsende Zahnkeime sich ähnlich verhalten wie dauernd wachsende Zähne: Sie schieben sich nämlich an ihrer knöchernen Umgebung vorbei. Der Alveolarknochen werde entsprechend den Bedürfnissen des Zahnes auf funktionelle Reize hin gebildet. Solange ein Keim sich im Wachstum befinde, verschiebe er sich neben dem ihn umhüllenden Knochen und nicht mit ihm. *Sicher's* histologische Untersuchungen über das Periodontium ergaben, daß ein Dauerwachstum bei Vorhandensein eines Aufhängeapparates durch dessen besonderen Bau ermöglicht werde. Dieser bestehe nicht aus Fasern, die direkt vom Knochen zum Zahn ziehen, sondern es sei eine Dreischichtung des Periodontiums festzustellen, nämlich *Fibrae dentales*, *Fibrae alveolares* und zwischen diesen ein *Plexus intermedius*. Die äußeren *Fibrae alveolares* verlaufen nach *Sicher* parallel, fast senkrecht auf die Alveolenoberfläche, ebenso wie die *Fibrae dentales*, auf die Zahnoberfläche zu. Beide Faserschichten verflechten sich mit den mehr in der Längsrichtung des Zahnes angeordneten Fasern des sogenannten *Plexus intermedius*. Ein derartiger Aufbau des Periodontiums erlaube eine ständige Verschiebung des Zahnes in seiner Alveole dadurch, daß im *Plexus intermedius* während des Wachstums ständig Umbauvorgänge und mechanische Umlagerungen der Fasern stattfänden, was eine automatische, dauernde Spannung im Aufhängesystem ermögliche. Die stetige Verschiebung des funktionierenden Zahnes gegen die Alveoleninnenwand bewirke eine organische Anpassung durch die Schaffung immer neuer Verbindungen von sich überkreuzenden Fasern. Alternierend mit diesen Umlagerungen sollen dann Strukturveränderungen vor sich gehen, die gleichzeitig die Spannung der gekreuzten Faserbündel während der Verschiebungen des Zahnes aufrecht erhalten. *Orban* bestätigte später *Sicher's* Befunde. Die wichtigste Voraussetzung für die angenommene Verschiebbarkeit zwischen Zahn und Alveole liegt also in der Existenz des *Plexus intermedius*. Hier setzte die Kritik anderer Autoren an. *Mach* leugnete auf Grund histologischer Untersuchungen einen intermediären *Plexus*. *Weidenreich* hielt es für unwahrscheinlich, daß Bindegewebsfasern dauernd ihre Verbindung untereinander lösen und wiederherstellen können. Nach *Huber's* Befunden liegen die parallel zur Zahnachse verlaufenden Fasern des sogenannten *Plexus intermedius* meist ganz in der Nähe des Zahns und keineswegs zwischen den „*Fibrae alveolares*“ und „*Fibrae dentales*“. Andererseits konnte er auch bei durchgebrochenen und okkludierenden Zähnen solche „meridionalen“ Faserzüge in Begleitung der Gefäße feststellen. Es sei daher nicht gerechtfertigt, diese meridionale Schicht

als Plexus intermedius im Sinne einer Umlagerungs- und Umbaustrecke der Faserbündel während des Wachstums zu deuten. Diese Faseranordnung komme vielmehr durch eine Verflechtung des meridional-äquatorialen Zahnsäckchengewebes mit radiären Fasern während der Bildung des eigentlichen Periodontiums zustande. Daher blieben auch über das eigentliche Wachstum hinaus meridionale Fasern in Begleitung von Gefäßen erhalten. Die Frage, wie weit bei den Durchbruchbewegungen der Zähne strukturelle Veränderungen des Halteapparates stattfinden, kann also nicht als geklärt angesehen werden.

Ein anderes Problem betrifft die sogenannte funktionelle Struktur des Parodontiums und dessen Entstehung.

Während die anatomischen Verhältnisse des Periodontiums durch die grundlegenden Untersuchungen von *Feneis*, *Roben*, *Lehner* und *Plenk*, *W. Meyer*, *Retterer*, *Huber* und *Helner* weitgehend geklärt sind, ist die Frage, ob das Periodontium eines vor dem Durchbruch stehenden Zahnes sich von dem eines in Funktion befindlichen Zahnes unterscheidet, in letzter Zeit wiederum heftig diskutiert worden. *V. Lanz* ist der Meinung, daß die Zahnsäckchenstruktur bis zum Durchbruch des Zahnes erhalten bleibt. Das Zahnsäckchen sei ein verhältnismäßig dichtes Flechtwerk kollagener, hauptsächlich meridional und äquatorial angeordneter Fasern. Man könne sich die Konstruktion des Faserapparates des Zahnsäckchens durch den nach allen Seiten zunächst ziemlich gleichmäßig wirkenden Wachstumsdruck des Schmelzorgans erklären. Mit fortschreitender Entwicklung der Krone vermehrten sich dann hauptsächlich die meridional eingestellten Fasern. Diese blieben aber, wie auch die äquatorialen Fasern, oberflächenparallel. Noch geraume Zeit vor dem Durchbruch des Zahnes, etwa zu der Zeit, wenn die Kronenform vollendet sei, setze die Bildung der typischen Wurzelhaut ein. Die ersten radiären Fasern gingen von der Alveolenmündung mit größeren und kleineren Meridional-, auch mit Äquatorialzügen, an Schmelzscheide und Zahnhals heran. Die ganze Zahnanlage sei außerdem noch von den oberflächenparallelen Fasern des Zahnsäckchens umspinnen, mit denen sich die radiäre Wurzelhautfaserung innig durchflechte. Schon unmittelbar nach dem Durchbruch des Zahnes, also noch vor Erreichen der Okklusionsebene, sei die Wurzelhautfaserung im wesentlichen differenziert. *V. Lanz* betrachtet die Faserarchitektur des Periodontiums als funktionelle Struktur. Da sie aber in ihren Grundzügen bereits fertig vorliege, ehe der volle Kaudruck wirksam ist, entstehe die Struktur durch Vererbung und nicht durch die Funktion selbst.

Auch nach *Huber* bleibt der Grundplan der Faserung des Zahnsäckchens bis zum Durchbruch des Zahnes erhalten. *Huber* schildert aber die Entwicklung des Periodontiums folgendermaßen: In den früheren Embryonalstadien heftet sich ein Teil der meridionalen und äquatorialen Fasern des Zahn-

säckchens, radiär einschwenkend an die Basalmembran des äußeren Schmelzepithels. Kurz vor Durchbruch des Zahnes geht das Zahnsäckchen zunächst gingival verloren. Seine äquatorialen Fasern bleiben intraalveolär um den Zahnhals, seine meridionalen um die Wurzel länger erhalten. Solange das Zahnsäckchen geschlossen den Zahn umgibt, kleidet ein deutlich strukturiertes Periost die sich bildende Alveoleninnenwand aus. Mit dem Durchbruch des Zahnes geht diese doppelte Faserung verloren. Das Periodontium ist dann von der Alveoleninnenwand bis zum Zahn einheitlich strukturiert. Seine Fasern gehen in die Knochenfasern über. Äquatoriale Fasern verlieren sich allmählich ganz, sie fehlen beim okkludierenden Zahn. Die radiären Fasern am Alveoleingang werden dicht und kräftig. Rein meridionale Fasern bleiben auch beim durchgebrochenen, okkludierenden Zahn, wenn auch in beschränkter Zahl, erhalten. Sie begleiten meist Gefäße, die dieselbe Verlaufsrichtung haben. Im Gegensatz zur Gruppe jener Autoren, die die Differenzierung des Periodontiums mit dem Zahndurchbruch als abgeschlossen betrachten, verlegen *Eschler, Fröhlich, Häupl, Franke, Solberrick, Rutherford* und *Rabinowitsch* die definitive Gestaltung in die Zeit nach dem Durchbruch, d. h. in die Zeit, in der der Zahn funktionell beansprucht wird. Die Faserarchitektur des Periodontiums entstehe also durch eine Art „funktioneller Anpassung“ beim Gebrauch. Nach *Fröhlich* bilde sich das Weichgewebe des Parodontiums aus der bindegewebigen Hülle des Zahnsäckchens mit dem Durchbruch des Zahnes. Unter diesen funktionellen Reizen forme sich das undifferenzierte, nicht geordnete Gewebe zu einem faserreichen, im wesentlichen parallel zur Zahnoberfläche gerichteten Fasersystem. Mit dem Durchbruch des Zahnes und dem Eintritt in die Okklusionsebene ändere sich die Struktur der Wurzelhaut. Die Wurzelhaut des nicht durchgetretenen Zahnes sei zellreich und noch relativ arm an Fasern, die des funktionierenden Zahnes dagegen reich an Fasern und wesentlich zellärmer. Nach dem Durchbruch des Zahnes und dem Eintritt in die Okklusionsebene ändere sich aber auch der Verlauf der Faserbündel, die im Gegensatz zur späteren Struktur schräg apikalwärts etwa im Winkel von 45 Grad gerichtet sind. Am Gingivalrand verlaufen sie mehr radiär.

Gleichzeitig mit der funktionellen Orientierung des dento-alveolären Bandapparates entstehen auch die interfaszikulären Gefäßkonvolute des Periodontiums, die *Wedl* zuerst beschrieben hat. Über die Histogenese der Gefäß-Nervenbündel ist bis heute noch nichts bekannt. Formalgenetisch stellte *Fröhlich* fest, daß das Periodontium des wachsenden und nicht durchgetretenen Zahnes zwar unregelmäßig verteilte kleine Gefäße besitze, daß diese aber in keinem Fall so groß und zahlreich würden, wie beim ausgereiften funktionierenden Zahn. Die Gefäß-Knäuel des Periodontiums könnten daher nicht allein durch bloßes Zusammendrängen der im wachsenden Halteapparat bereits vorhandenen Gefäße entstanden sein. Es müsse sich vielmehr

um ein Volumenwachstum der Gefäße handeln, das entsprechend seiner funktionellen Aufgabe mit der mechanischen Inanspruchnahme des Zahnes im Zusammenhang stehe. Gestützt werde diese Behauptung dadurch, daß weder die Periodontien der wachsenden, nicht durchgetretenen Zähne, noch die Periodontien verlagelter Zähne derartige Bildungen aufwiesen.

Fröhlich zeigt diesen Unterschied an den Periodontien eines normal belasteten Zahnes und eines verlagerten Weisheitszahnes. Der Reichtum an relativ großkalibrigen Gefäßen im reifen belasteten Periodontium, im Verhältnis zu den beiden anderen Wurzelhauträumen, ist ganz offensichtlich. Es könne daher festgestellt werden, daß nicht nur die Struktur des Aufhängeapparates, sondern auch die Gefäß-Nervenkonvolute funktionell bedingte Strukturen des belasteten Zahnes darstellten.

Franke nimmt für den nicht beanspruchten Zahn an, daß die Periodontalfasern einen welligen, geschlängelten Verlauf nehmen. Er schließt dies aus der geringen Beweglichkeit des Zahnes, ehe dieser einen deutlichen Widerstand bietet. Die periodontalen Faserbündel seien also beim funktionslosen Zahn nicht in Aktion. Den Beweis könne man unter anderem durch die Beobachtung führen, daß die periodontale Faserstruktur ehemals funktionierender Zähne nach Verlust dieser Aufgabe, wie z. B. bei Wurzelresten, nach einiger Zeit einer völligen Umordnung ihrer Faserstruktur unterläge. Wären die Fasern immer in Funktion, dann dürfe dies nicht der Fall sein. Damit in Zusammenhang stünde auch die Entwicklung der sogenannten *Wedl'schen* Gefäßknäuel. Auch *Franke* beobachtete ihre Entwicklung immer erst bei funktionierenden Zähnen, niemals habe er sie z. B. bei verlagerten Zähnen gesehen. Ebenso erfolge ihre Rückbildung, wenn Zähne längere Zeit funktionslos geworden seien, z. B. bei Wurzelresten. Der eindeutige Zusammenhang ihrer Existenz mit der mechanischen Beanspruchung des Zahnes sei so offensichtlich, daß er sich zu keiner anderen Deutung entschließen könne.

Solberrick, Rutherford und Rabinowitsch untersuchten das Verhalten des Zahnsäckchens und der Alveolen in den ersten Stadien des Zahndurchbruches anhand mikroskopischer Studien an den Zähnen eines sechs Jahre alten Jungen. Sie stellten dabei fest, daß im Vorbereitungsstadium das Zahnsäckchen in drei Schichten aufgebaut sei. Die innere dentale Lage sei umfangreich und bestehe aus dichtem Bindegewebe. Die Zwischenschicht werde durch ein lockeres Gewebe aus retikulären Fasern gebildet. Man könne flüssigkeitsgefüllte Hohlräume beobachten, die eine ödematöse Auflockerung andeuten. Die äußere Lage gleiche wiederum der inneren und unterscheide sich nur durch ihre Dicke. In den darauffolgenden Stadien des Durchbruchs erfolge eine Umlagerung, die Fasern verliefen ungeordnet mit Ausnahme des Fundusteils, an dem die drei Lagen noch zu erkennen seien. Später komme es zu einer allmählichen Differenzierung des Periodontiums, die von innen nach außen fortschreite.

Auch *Häupl* vertritt die Ansicht, daß sich das Periodontium erst durch die einsetzende Funktion differenziere. Seine Vorstellungen basieren in der Hauptsache auf der histologischen Untersuchung vom Unterkiefer eines 10-jährigen Jungen mit gerade durchbrechenden Zähnen. *Häupl* spricht vor allem den sogenannten „funktionellen Reizen“ eine große Bedeutung für die Differenzierung des Halteapparates zu. Das zellreiche, embryonale Bindegewebe des Zahnsäckchens stehe in keiner funktionellen Abhängigkeit vom Zahnkeim. Das gleiche gelte auch für den angrenzenden Knochen. Mit dem Augenblick, in dem der Zahn in die Mundhöhle trete, komme er unter die Herrschaft der „funktionellen Reize“. Die Quelle dieser Reize sei die Tätigkeit der Kau-, Zungen-, Wangen- und Lippenmuskulatur. Durch diese Tätigkeit werde der durchgebrochene Zahn in Bewegung gebracht und das ihn stützende Gewebe in Erschütterung versetzt. Diese zellulären Erschütterungen seien also das Wesen der „funktionellen Reize“. Sie machten sich sogleich nach dem Erscheinen des Zahnkeimes in der Mundhöhle bemerkbar, da ja der Zahn von diesem Augenblick an von Zunge, Wange und Lippe berührt werde, und der zu kauende Bissen dem Alveolarkamm aufliegen könne. Unter dem Einfluß dieser Reize entwickelt sich nach der Ansicht *Häupl's* aus dem embryonalen Bindegewebe das Fasergewebe der Wurzelhaut. Etwa ein Drittel des Zementgewebes der Zahnwurzel entstehe unter dem Einfluß dieser funktionellen Reize. Der angrenzende Knochen werde dadurch ebenfalls umgebaut. In dieser Zeit bilde sich auch die Wand des Zahnfaches mit ihren abstützenden Bälkchen aus. Dieser funktionelle Umbau dauere dann noch etwa zwei bis drei Jahre nach dem Durchbruch des Zahnes an und komme erst zum Stillstand, wenn das Zahnstützgewebe so mächtig geworden sei, daß es der funktionellen Beanspruchung entsprechenden Widerstand zu leisten vermöge. Damit sei das Stadium der „funktionellen Anpassung“ erreicht, und die Reize würden unschwellig. Die endgültige Stellung des Zahnes im Zahnbogen betrachtet *Häupl* als das Ergebnis von Erbanlage und funktioneller Beanspruchung. Die Erbanlage sei vorwiegend gegeben in der Keimanlage und somit auch in der Durchbruchsrichtung. Die funktionelle Inanspruchnahme wirke sich nach dem Zahndurchbruch als gewebeumbildender und -ausrichtender Faktor aus. Die *Häupl'schen* Ideen hat dann vor allem *Eschler* weitergeführt. Aus vergleichend-histologischen und tierexperimentellen Untersuchungen schließt *Eschler*, daß die Wurzelhaut und auch die alveoläre Knochenkompakta erst durch die Einwirkung funktioneller Inanspruchnahme aus dem Zahnsäckchen entstehen. Wäre das Paradentium vererbt, konstruktiv präformiert, wie es z. B. *V. Lanz* annimmt, so müßten die parodontialen Gewebe zweifelsohne schon vor Beginn des Zahndurchbruches oder mindestens zu einem gewissen Zeitpunkt der Zahnentwicklung, der allerdings auch mit dem Durchbruch zusammenfallen könnte, funktionell strukturiert sein. Dann müßten auch z. B. bei Retention, also bei Ausschal-

tung der funktionellen Inanspruchnahme, die paradentalen Gewebe ebenfalls konstruktiv geordnet sein. Histologische Untersuchungen von Parodontien retinierter Zähne ließen jedoch immer ein strukturiertes Parodontium im eigentlichen Sinne vermissen. Um nun die Bedeutung der Funktionseinflüsse auf die Entwicklung des Parodontiums auch experimentell zu klären, schlug *Eschler* folgende Wege ein:

- a) Histologische Untersuchung von paradentalen Zahngeweben nach intrauterinem Durchbruch auf verschiedenen Entwicklungsstufen vor und nach der Geburt.
- b) Experimentelles Vorgehen, in dem die Zähne vor, und eine Zeitlang nach dem Durchbruch mittels einer Hohlschiene, die die voraussichtliche Durchbruchsgegend bedeckt und von der funktionellen Belastung verschont wurden.
- c) Rein analytisches Vorgehen, in dem die funktionelle Inanspruchnahme in ihre Komponenten zerlegt und ihre Auswirkungen auf die paradentalen Gewebe, wenn auch schematisch, festgestellt wurden.

Alle drei Untersuchungsarten sollen den Beweis erbringen, daß die Entwicklung des Parodontiums, d. h. die Umordnung der paradentalen Gewebe unter dem Einfluß der funktionellen Belastungen vonstatten geht, daß der physiologische Durchbruch daran nur mittelbar beteiligt ist und nur soweit einen Einfluß ausübt, als die funktionellen Belastungen erst mit dem Durchbruch des Zahnes in voller Stärke einwirken und weiter, daß weder die Umordnung der paradentalen Gewebe zum Gewebesystem Parodontium, noch die Zeit, wann diese Umordnung stattfindet, auch nur im geringsten vererbt ist. Die Feststellung der Auswirkung der einzelnen funktionellen Belastungen beweise die Richtigkeit der Ergebnisse der histologischen Untersuchungen von tierischen Kiefern, sowie auch die experimentellen Ergebnisse.

Die Befunde an den tierischen Kiefern sollen nach *Eschler* weiterhin beweisen, daß der Durchbruch des Zahnes an sich nicht die Umformung der paradentalen Gewebe zum späteren Parodontium bewirken könne. Obwohl der Zahn schon intrauterin durchgebrochen sei, ließen die paradentalen Gewebe jedwede Anzeichen der Parodontiumformung vermissen. Die zahn-nahen und in das Zement eingepflanzten Zahnsäckchenfasern, sowie die aus den Knochenbälkchen austretenden Fasern, seien sogar den späteren Wurzelhautbändern entgegengesetzt gerichtet. Die Knochenbälkchen sollen nach *Eschler* deutlich in gingivaler Richtung wachsen. Infolge dieser Anordnung der paradentalen Gewebe am zwar durchgebrochenen, aber funktionell noch nicht beanspruchten Zahn, kann der Zahndurchbruch an der Ausbildung des

Paradentiums ursächlich nicht beteiligt sein. Blieben die funktionellen Belastungen aus, so werde auch kein Paradentium gebildet.

In der vorliegenden Arbeit sollen durch histologische Untersuchungen von Rattenunterkiefen verschiedener Altersstufen die parodontalen Verhältnisse vor und nach dem Durchbruch, sowie durch histo-chemische Differenzierungsmethoden die Knochenan- und abbauzonen, soweit sie zum Parodontium direkte Beziehung haben, untersucht werden.

B. MATERIAL UND METHODIK

Um die Kausalzusammenhänge zwischen dem Parodontium der Zahnanlage und jenem des durchbrechenden bzw. durchgebrochenen Zahnes erfassen zu können, schied menschliches Material für die Untersuchung aus.

Es kamen daher für die Untersuchungen die üblichen Laboratoriumstiere in Betracht, in unserem Falle wurde die Ratte gewählt.

Untersucht wurden selbstgezeugene Ratten verschiedener Würfe und Altersstufen und zwar Neonatus, 1, 2, 3, 4, 7, 9, 11, 12, 14, 18, 20, 22, 25, 28, 29 und 30 Tage altes Tier. Zugrundegelegt wurden die von *Mohr* und *Rozeik* angegebenen Durchbruchzeiten. Nach unseren Erfahrungen muß dabei allerdings eine gewisse Variationsbreite berücksichtigt werden.

Die Tiere wurden mittels Chloroform oder Äther getötet. Die Unterkiefer wurden präpariert, median halbiert und anschließend in Susa (*Heidenhain*) durchschnittlich fünf bis zwanzig Stunden fixiert. Dann wurden die Präparate in 90%igem Alkohol gespült und, nach Wässern, in 5%iger Salpetersäure entkalkt. Nach Behandlung mit Natriumsulfat und gründlicher Wässerung wurden sie über Alkohol, Methylbenzoat und Benzol in Paraffin eingebettet.

Die Unterkieferhälften wurden anschließend so aufgeblockt, daß Tangentialschnitte, – in mesiodistaler Richtung orientiert –, angefertigt werden konnten. Die Schnittdicke betrug durchschnittlich 10 mü. Von den jüngeren Entwicklungsstadien wurden vollständige Schnittserien angefertigt, von den älteren Präparaten nur Stufenserien.

Die Schnitte wurden in üblicher Weise mit Haematoxylin-Erythrosin, mit Azan, mit PAS und Alcian-Blue, sowie nach *Goldner* gefärbt.

DURCHBRUCHSZEITEN DER RATTENZÄHNE

Unter- kiefer	Knochen- fenster angelegt	nach <i>Mohr</i> (1952)		nach <i>Rozeik</i> (1958) Durchbruch (ohne Einteilung)
		Durchbruch d. d. Knochen- fenster	Durchbruch d. d. Schleimhaut	
Incisivus	vor Geburt	1. Tag	8.–9. Tag	9.–10. Tag
I. Molar	vor Geburt	12. Tag	17. Tag	17. Tag
II. Molar	vor Geburt	15. Tag	21. Tag	21. Tag
III. Molar	7. Tag	18. Tag	24. Tag	29. Tag

Bei der neugeborenen Ratte sind die Zahnanlagen aller drei Molaren und ein Schneidezahn, der den Unterkiefer nahezu vollständig ausfüllt, erkennbar. Der Unterkiefer zeigt eine locker-maschige spongiöse Struktur, die vornehmlich in Längsrichtung orientiert ist. Die Zahnkeime liegen in entsprechenden Aussparungen des Alveolarknochens. Eine strukturelle Orientierung der Knochenbälkchen auf die Zahnanlagen zu ist nicht zu sehen (vgl. Abb. 6). Die Molaren liegen in einem lockeren, weitmaschigen Bindegewebe, dem Zahnsäckchen, das keine bevorzugte Orientierung seiner Fasern erkennen läßt.

Beim Schneidezahn, der schon dicht unter der Mundschleimhaut liegt, wird eine gewisse Faserverdichtung im Bereich des Zahnsäckchens an der zervikal-innen gelegenen Seite erkennbar. Die übrigen Abschnitte des Schneidezahnes sind noch von einem locker-maschigen, undifferenzierten Bindegewebe umgeben.

Im Laufe des ersten bis siebenten Lebensstages bricht der Schneidezahn durch die Decke seines knöchernen Alveolarfaches, erreicht aber die Mundhöhle noch nicht. Während dieser Zeit sieht man lebhaftere Knochenabbauvorgänge am zervikalen Alveolenrand des Incisivus. An der Innenseite, der späteren Zugseite des Schneidezahns, herrscht Anbau vor. Hier wird bereits eine Straffung der periodontalen Fasern nachweisbar, die in den folgenden Tagen mehr und mehr hervortritt. Apikal gewinnt sie ständig an Ausdehnung (Abb. 1). Die Fasern beginnen an der knöchernen Alveole mit dickeren Bündeln, die sich zahnwärts dann auffächern. An der gegenüberliegenden Seite des Halteapparates, der späteren Druckseite, behält das Periodontium seine ursprüngliche, undifferenzierte Form bei. Hier liegen auffallend stark erweiterte Kapillaren. Die Bindegewebsfasern haben im wesentlichen eine parallele Anordnung zum Zahn (Abb. 2-4).

Während dieser Zeit sind an den Molaren noch keine Durchbruchsbewegungen bemerkbar. Das Paradentium zeigt bei allen drei Zahnanlagen die lockermaschige, undifferenzierte Struktur des embryonalen Zahnsäckchens. Die Knochenbälkchen stoßen senkrecht auf die Zahnanlage. Eine eigentliche Alveolenwand ist noch nicht ausdifferenziert (Abb. 5).

Wir wollen diese Form der Alveole als „primäre Alveole“ bezeichnen. Sie wandelt sich postnatal zwischen dem 8. und 17. Tag beim ersten und zweiten Molaren allmählich in die „sekundäre Alveole“ um. Unter ‚sekundärer Alveole‘ soll eine knöcherne Umhüllung der Zahnanlage verstanden werden, die bereits eine gewebliche Beziehung zum Zahn zeigt. Man erkennt einen Umbau der angrenzenden Spongiosabälkchen in dem Sinne, daß jetzt ein feinmaschiges Gerüstwerk entsteht, welches eine zahnparallele,

innere Begrenzung ausbildet (Abb. 8). Erst mit der Entwicklung des differenzierten Halteapparates tritt dann die „tertiäre Alveole“, oder definitive Alveole auf.

Beim ersten Molaren entwickelt sich zwischen dem 11. und 14. Tag die definitive Alveole im Bereich des Zahnhalses. An der unteren Schmelzgrenze, teilweise noch ganz in der Tiefe der Alveole, treten zuerst straffe, schräg-abwärts gerichtete Wurzelhautfasern auf, die vom Rand der Alveole zum Zahn verlaufen (Abb. 8 u. 9). Am Zahnhals entwickelt sich im gleichen Bereich eine dünne Zementauflage.

Ein Plexus intermedius oder eine schräg-abwärts gerichtete Faserung war an den Molaren nirgends zu entdecken. Weiter apikalwärts blieb das Wurzelhautgewebe auch jetzt noch undifferenziert.

In den mehr okklusal liegenden Teilen waren starke Abbauvorgänge am Knochen und den Alveolarrändern zu beobachten. Das Schmelzorgan war bereits weitgehend obliteriert. Das subepitheliale Bindegewebe zeigte stark alcian-blau – positive Massen und erschien aufgequollen.

An den interradiikulären und interalveolären Septen waren lebhafte Abbauvorgänge und in Alcianblue-Präparaten jugendliche Knochenbälkchen zu sehen (Abb. 7, 8 u. 10). Im Bereich der ganzen Zahnanlage des ersten Molaren zeichnete sich eine starke Bindegewebsvermehrung im Periodontalspalt ab. Dadurch erschien das parodontale Bindegewebe wesentlich faserreicher als am 2. oder 3. Molaren. In der Hauptsache sind die Fasern immer noch meridional geordnet. Nur am Zahnhals bildet sich eine straffe Wurzelhautfaserung heraus.

Zwischen dem 14. und dem 17. Tag bricht der erste Molar durch. Am Paradentium werden dabei keine neuen Vorgänge mehr erkenntlich. Die Ausrichtung der zervikalen straffen Periodontalfasern verbreitert sich lediglich apikalwärts. Im interradiikulären Raum treten undifferenzierte, straffe Fasern auf (Abb. 10). Der übrige Wurzelbereich zeigt weiterhin ein undifferenziertes, parallelfaseriges Wurzelhautgewebe.

In den nun folgenden Tagen verlängert sich die Wurzel des ersten Molaren und der Bereich des Primärzementes bzw. des ausgerichteten Periodontiums. Okklusal werden alle knöchernen Teile der primären und sekundären Alveolarwand abgebaut. Die mucopolysaccharidreiche, subepitheliale Bindegewebszone verschwindet.

Der Durchbruch des zweiten Molaren vollzieht sich etwas später. Grundsätzlich sind die Vorgänge in der Reihenfolge und im Ablauf der Differenzierung des Parodontiums die gleichen wie beim ersten Molaren. Ausgerichtete, straffe Wurzelhautfasern treten auch hier vor dem Durchbruch des Zahnes in die Okklusionsebene in Erscheinung. Wiederum sind sie am Zahnhals frühzeitiger zu sehen als an den übrigen Teilen der Alveole. Zwischen 16. und 18. Tag ist das Periodontium des zweiten Molaren zervikal und interradiikulär

differenziert (Abb. 11). Im übrigen Wurzelbereich bleibt es auch nach dem Zahndurchbruch locker-maschig.

Der dritte Molar ist nach unseren Befunden am 29./30. Lebenstag noch nicht vollständig durchgebrochen (Abb. 12). Die Vorgänge bei der Differenzierung des Parodontiums sind die gleichen wie bei den beiden anderen Molaren.

Der Schneidezahn beginnt mit der Differenzierung der Periodontalfaserung an der Zugseite. Die Kapillarquerschnitte erscheinen hier auffallend klein, während an der gegenüberliegenden Seite riesige Kapillaren zu beobachten sind. Die inneren Wurzelhautfasern liegen in einer Knochenanbauzone, während an der Druckseite durch Osteoklasten die Alveolarwand abgebaut wird. Am Alveolenboden herrschte in allen 28 untersuchten postnatalen Entwicklungsstadien ein starker Abbau vor. Die Kapillargeflechte am Alveolengrund waren enorm erweitert. Die parallele Ausrichtung des Parodontiums an der Druckseite findet erst nach dem Durchbruch statt und schreitet langsamer voran als an der Zugseite.

Der Umbau der Wurzelhautfasern geht mit der Differenzierung des Zementes einher. Okklusal aufwärts gerichtete Fasern konnten nirgends beobachtet werden. Ein Plexus intermedius ist nur am undifferenzierten Halteapparat zu erkennen; er verschwindet meist mit der funktionellen Ausrichtung der Fasern. Gleichzeitig treten die *Wedl'schen* Gefäßkonvolute in Erscheinung. Der Neigungswinkel der Faserbündel hat von vorneherein die Größe, die man am Zahnhalteapparat der Erwachsenenform findet.

D. DISKUSSION

Im Hinblick auf die Frage der Entwicklung der funktionellen Strukturen des Parodontiums stehen sich in der Literatur hauptsächlich zwei Ansichten gegenüber. Auf der einen Seite vertreten die Schüler *Häupl's* (*Eschler* 1939, 1948, 1950, *Fröhlich* 1958 u. a.) die Meinung, daß das definitive Periodontium durch funktionelle Anpassung entsteht, d. h. daß die mechanische Inanspruchnahme des Zahnes zu der funktionellen Anordnung der Faserbündel führt. Dem gegenüber haben vor allem *Huber* 1929, von *Lanz* 1931 und neuerdings *Hinrichsen* 1955 betont, daß ein einfaches ontogenetisches Kausalverhältnis zwischen der Ausbildung der Wurzelhautstrukturen und der Funktion nicht besteht, daß die Entstehung der gesamten Konstruktion des Halteapparates vielmehr ausschließlich vererbt sei.

Unsere Präparate zeigen nun, daß die straffe Wurzelhautfaserung am Zahnals bereits auftritt, bevor der Durchbruch vollendet ist. Der Zahn

steckt vielfach noch tief in der Alveole, die erst okklusal geringgradig eröffnet ist. Die seitlichen Alveolenränder und das Dach der Alveole werden erst später vollständig abgebaut, während gleichzeitig die Differenzierung des Periodontiums von cervikal nach apikal fortschreitet. Das frühzeitige Auftreten der Wurzelhautdifferenzierung beweist, daß diese nicht durch eine funktionelle Inanspruchnahme hervorgerufen wird.

Die Frage nach der Differenzierung des Halteapparates spielt auch für die Zahndurchbruchstheorie eine wichtige Rolle. Wir können uns nicht vorstellen, daß der Zahn allein durch den Gefäßdruck (hydraulische Hebewirkung) mit Hilfe der straffen Periodontalfaserung aus der Alveole gehoben wird, wie das *Hinrichsen* (1955) angenommen hat. Denn eine Gefäßerweiterung kann den Zahn zwar etwas anheben, aber auf die Dauer nicht aus der Alveole herauschieben, wenn nicht gleichzeitig die Wurzelhautfaserung wieder abgebaut wird. Von einem solchen Abbau ist aber an unseren Präparaten nichts zu bemerken. Im Gegenteil stehen überall proliferative Vorgänge stark im Vordergrund.

Berücksichtigt man die An- und Abbauprozesse am Alveolarknochen und vergleicht diese mit dem Zeitpunkt der Differenzierung der einzelnen Wurzelhautabschnitte, so ergibt sich für die Darstellung des Zahndurchbruches ein neues Bild. Hinsichtlich der Entwicklung des Paradontiums werden unter diesem Gesichtspunkt zweckmäßigerweise drei Phasen unterschieden:

1. In der 1. Phase stellt der Halteapparat des Zahnkeimes noch ein primitives embryonales, weitgehend undifferenziertes Bindegewebe dar. Das Stadium entspricht der sog. primären Alveole.
2. Während der Durchbruchsbewegung und Lageveränderung des Zahnes macht sich am Parodontium eine intensive Faservermehrung bemerkbar. Die Alveole baut sich um, so daß wir jetzt von einer sekundären Alveole sprechen müssen. Das Periodontium zeigt aber noch keine funktionelle Ausrichtung, sondern ist vornehmlich meridional strukturiert.
3. In der 3. Phase entwickeln sich die straffen, apikalabwärts gerichteten Wurzelhautfasern am Zahnhals, wie sie vom Erwachsenen Zustand bekannt sind. Jetzt gewinnt die Alveolarwand eine funktionelle Beziehung zum Zahn. Wir müssen von der tertiären Alveole sprechen. Die Differenzierung der Wurzelhautfasern und des Zementes schreitet allmählich von cervikal nach apikal fort. Die Faserrichtung ändert sich nicht mehr.

Es ist nun interessant, daß die wesentlichsten Knochenan- und abbauvorgänge, die zu einer Verlagerung, bzw. zum Durchbruch des Zahnes beitragen, in der ersten und zweiten Entwicklungsphase, also zeitlich vor der Differenzierung des Halteapparates stattfinden. Die cervikale Fixation durch das definitive Periodontium kennzeichnet damit das Ende der Durchbruchsbewe-

gung des Zahnes gegenüber der Alveolarwand. Das äußerliche Sichtbarwerden der Krone, d. h. der Eintritt in der Okklusionsebene wäre dann nur noch ein passiver Vorgang, der durch Abbau, bzw. die Retraktion aller okklusal von dieser Fixationsebene liegenden Gewebe erreicht wird. Tatsächlich sprechen die von uns beobachteten Veränderungen an den Alveolarrändern, die in späteren Stadien ausschließlich Abbauvorgänge zeigen, für diesen Mechanismus.

Daraus ergäbe sich, daß der Halteapparat der Unterkieferzähne der Ratte nicht durch die einsetzende Kautätigkeit differenziert wird, sondern durch die Art des Ablaufes der Wachstumsvorgänge selbst. Die Strukturen des Parodontiums würden also nicht funktionsmechanisch, sondern entwicklungsmechanisch entstehen. Solange noch Verschiebungen der Zähne gegenüber der Alveolarwand stattfinden, bleibt der Halteapparat in einem undifferenzierten Zustand. Erst wenn diese Wachstumsbewegungen abgeschlossen sind, kommt es zur Fixation des Zahnes in der Alveole und damit zur Beendigung des aktiven Durchbruches. Bei der Ratte scheint die äußerlich sichtbare Durchbruchsbewegung der Molaren hauptsächlich passiver Natur zu sein und erst vonstatten zu gehen, wenn der Zahnhals durch die Wurzelhautfaserung bereits fixiert ist.

E. ZUSAMMENFASSUNG

An einem Material von 28 Ratten im Alter von 0–30 Tagen wurde die Entwicklung des Parodontiums der Unterkieferzähne nach der Geburt histologisch neu untersucht. An sagittalen Serienschnitten wurde die Differenzierung des Zahnsäckchens und des Periodontiums im Vergleich zu den Durchbruchsbewegungen und den Knochenveränderungen durch alle Stadien der postnatalen Entwicklung bis zum vollständigen Durchbruch der Zähne verfolgt.

Es zeigte sich, daß die ersten straffen Periodontalfasern bereits vor dem Eintritt der Zähne in die Okklusionsebene im Halsbereich der Molaren, sowie an der Innenseite der Schneidezähne (Zugseite) auftreten. Da zu dem Zeitpunkt, wo die Differenzierung des definitiven Halteapparates einsetzt, die Alveole noch weitgehend geschlossen ist, kann der Kaudruck nicht als auslösende Ursache für die Differenzierung der Wurzelhautfasern angesehen werden. Die parodontalen Strukturen entstehen daher bei der Ratte nicht durch „funktionelle Anpassung“, sondern im Zusammenhang mit den Wachstumsvorgängen beim Zahndurchbruch, sind also als Wachstumsstrukturen und nicht als funktionsbedingte Anordnungen aufzufassen.

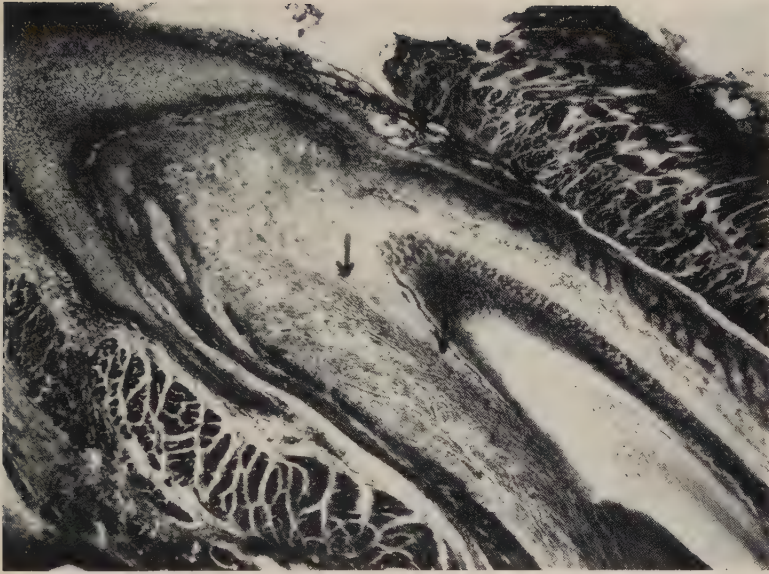


Abb. 1

Sagittalschnitt durch den Unterkiefer einer 9 Tage alten Ratte im Bereich des Schneidezahnes.

Färbung: Azan, Vergr. $40\times$ (Panphot).

Die Abbildung zeigt einen Flachschnitt durch den Halteapparat des Schneidezahnes nahe der Alveolenmündung. Mundschleimhaut am linken oberen Bildrand, äußere Haut am rechten oberen Bildrand. Man erkennt deutlich die straffe Ausrichtung der Bindegewebsfasern des Periodontiums an der sog. Zugseite (Pfeile), während an der gegenüberliegenden Seite das periodontiale Gewebe noch keinerlei funktionelle Strukturen aufweist und noch undifferenziert ist.

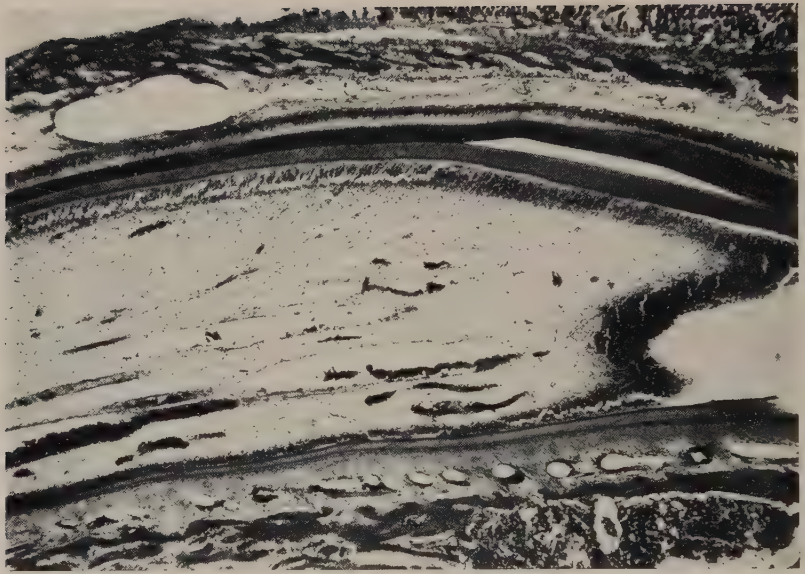


Abb. 2

Sagittalschnitt durch den unteren Schneidezahn einer Ratte (12 Tage nach der Geburt).
Färbung: Azan, Vergr. $40\times$ (Panphot).

Alveoleneingang am rechten Bildrand, Zugseite am unteren Bildrand. Man erkennt deutlich die unterschiedlichen Strukturen des Paradentiums an der Innen-(Zug-) und Außenseite (Druckseite) des Schneidezahnes. Man beachte auch die unterschiedliche Größe der Kapillarquerschnitte.

Vergleiche Abb. 5 und 6.

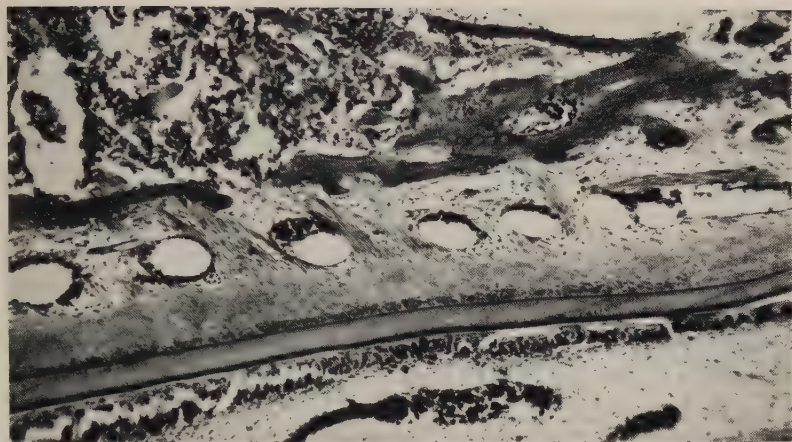


Abb. 3

Ausschnittvergrößerung aus Abb. 4.

Technik wie bei Abb. 4, Vergr. $100\times$ (Panphot).

Paradentium und angrenzender Alveolarknochen des Schneidezahnes an der Zugseite im Bereich des Alveolareinganges. Zahn am unteren Bildrand, knöcherne Alveole oben. Man erkennt die straffe, ausgerichtete Faserung des Periodontiums sowie die beginnende Zementbildung.

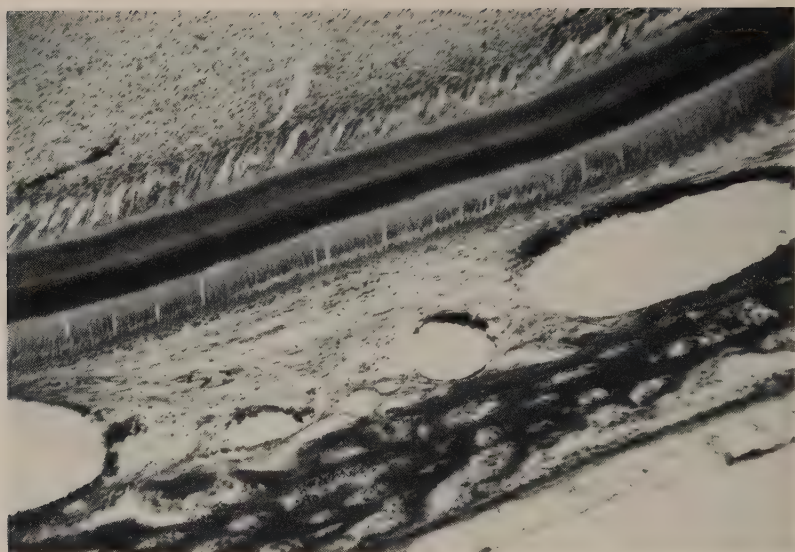


Abb. 4

Ausschnittvergrößerung aus Abb. 2.

Technik wie bei Abb. 2, Vergr. 100 $\times$ (Panphot).

Paradentium und angrenzender Alveolarknochen des Schneidezahnes an der gegenüberliegenden Druckseite. Man erkennt im Vergleich zu Abb. 5 die unterschiedliche Struktur der Wurzelhautfasern, die noch nicht am Zahn fixiert sind und eine vorwiegende Parallelstruktur aufweisen. Alveolarknochen am unteren Bildrand.



Abb. 5

Sagittalschnitt durch den Unterkiefer einer 3 Tage alten Ratte im Bereich des ersten Molaren.

Färbung: Alcianblau-Kernechtrot, Vergr. $40\times$ (Panphot).

Der erste Molar ist in ganzer Ausdehnung zu erkennen (Mundschleimhaut am oberen Bildrand). Der Zahn ist noch nicht durchgebrochen. Das Paradentium ist noch ungeordnet und zeigt keinerlei strukturelle Beziehungen zum angrenzenden Alveolarknochen. Der Zahn liegt in einer „primären Alveole“.

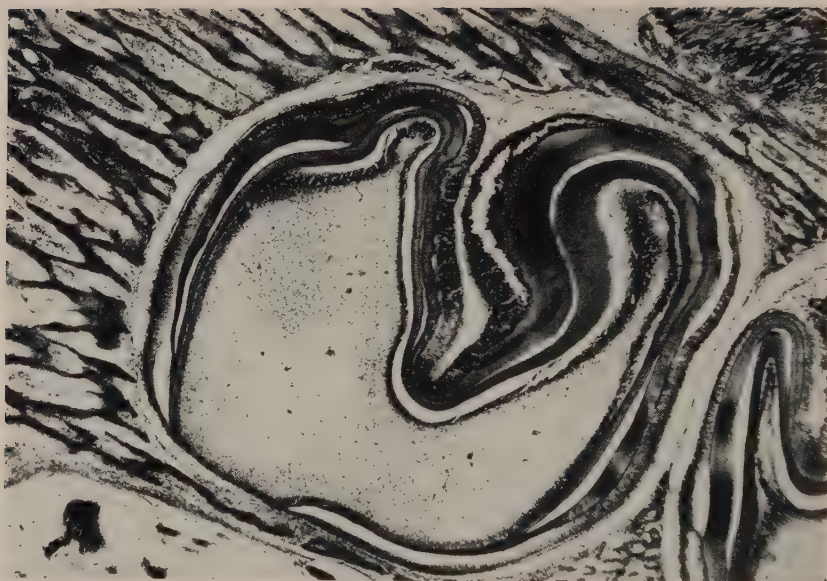


Abb. 6

Sagittalschnitt durch den Unterkiefer der Ratte im Bereich des zweiten Molaren (9 Tage altes Tier).

Färbung: Azan, Vergr. $40\times$ (Panphot).

Am rechten Bildrand ist der erste Molar eben noch erkennbar. In Bildmitte liegt der zweite Molar. Das Paradentium weist keinerlei funktionelle Strukturen auf, eine zum Zahn gehörige Alveolarwand existiert noch nicht. Die Knochenbälkchen zeigen eine ausschließliche Längsorientierung, die im Bereich des Zahnkeimes abrupt unterbrochen ist.

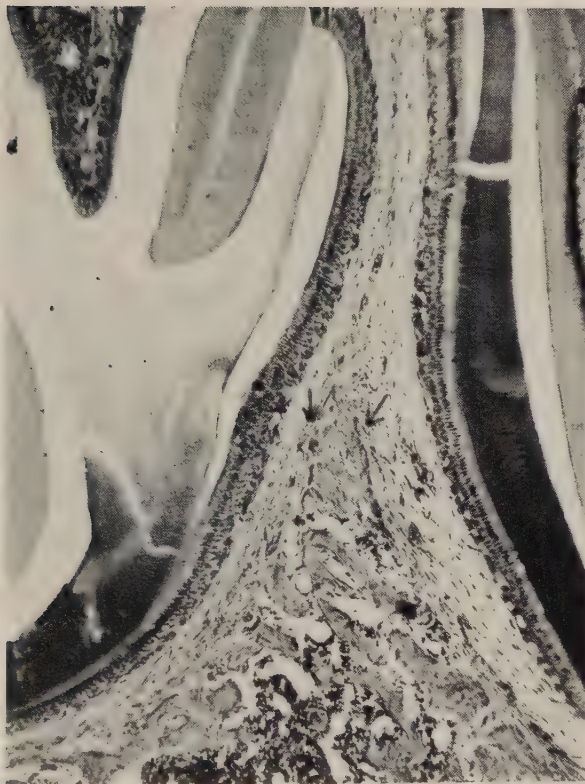


Abb. 7

Sagittalschnitt durch den Unterkiefer einer 12 Tage alten Ratte im Bereich der ersten und zweiten Molarenanlage.

Färbung: Trichromfärbung nach Goldner, Vergr. $100\times$ (Panphot).

Das Septum interalveolare ist zu erkennen, sowie eine zunehmende Faservermehrung und Verdichtung des Bindegewebes im Bereich des Parodontiums. Knochenanbau am oberen Kamm des Septums (Pfeile).

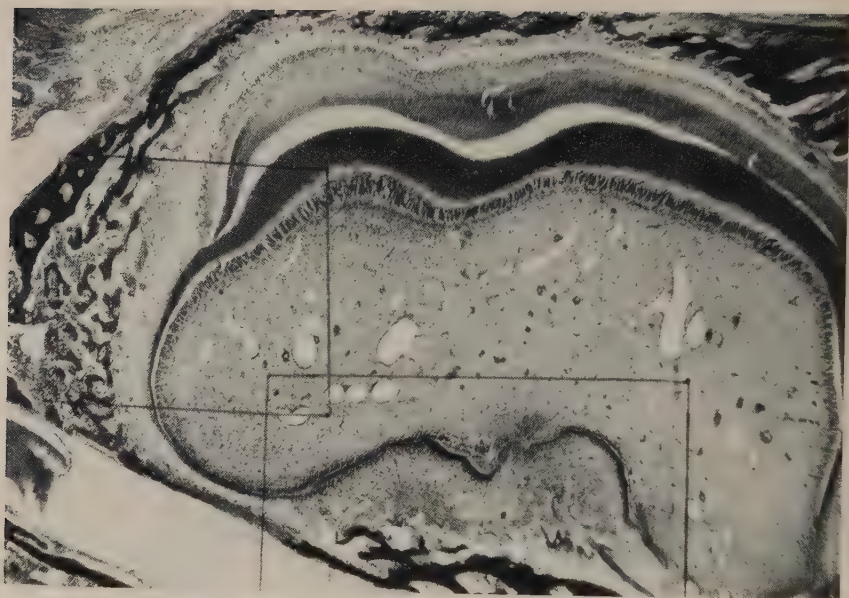


Abb. 8

Sagittalschnitt durch den Unterkiefer einer 12 Tage alten Ratte.

Färbung: PAS, Vergr. $40\times$ (Panphot).

Querschnitt durch die Anlage des ersten unteren Molaren. Man beachte die Straffung der Wurzelhautfasern im Bereich des späteren Zahnhalses (Ausschnitt der Abb. 9), sowie im Bereich der intraalveolaren Septen (Ausschnitt der Abb. 10). Das übrige Parodontium ist weiterhin undifferenziert.

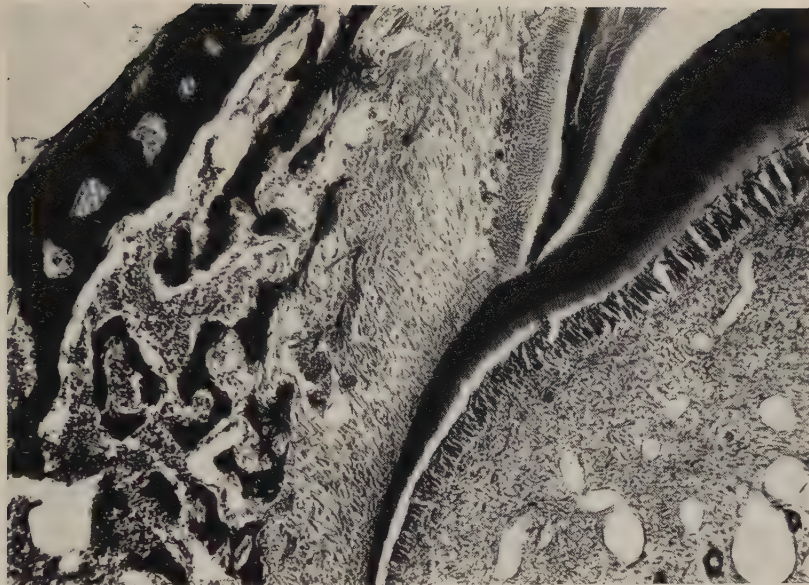


Abb. 9

Ausschnittvergrößerung aus Abb. 8, die den seitlichen Bereich des Zahnhalteapparates vom ersten Molaren darstellt. Zahnkrone liegt am oberen Bildrand, Alveolenwandung links. Man erkennt die straffe, schräg abwärts gerichtete Periodontalfaserung im Bereich des späteren Zahnhalses. Starker Knochenanbau an der angrenzenden Alveolarwand (Pfeile).

Technik wie bei Abb. 8, Vergr. 100 $\times$ (Panphot).



Abb. 10

Ausschnittvergrößerung aus Abb. 8. Halteapparat und Zahnanlage des ersten unteren Molaren im Bereich der Septa intraalveolaria. Der intensive Knochenanbau (Pfeile), sowie die Straffung der Wurzelhaut in den angrenzenden Partien ist deutlich zu erkennen. Alveolenknochen am unteren Bildrand.

Technik wie bei Abb. 8, Vergr. $100\times$ (Panphot).

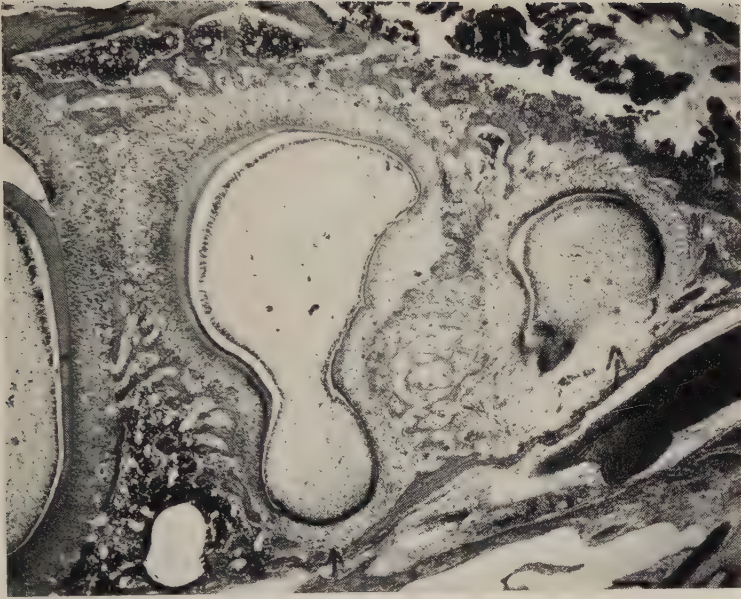


Abb. 11

Querschnitt durch den Unterkiefer einer 18 Tage alten Ratte.

Färbung: Azan, Vergr. $40\times$ (Panphot).

Die Abb. zeigt Anschnitte der Wurzeln des zweiten und dritten Molaren mit fast vollständig ausgerichteter Wurzelhautfaserung. Nur im Bereich der Wurzelanlagen (Pfeile) bleibt das Periodontium noch undifferenziert. Die knöcherne Alveolenwandung hat sich mit dem Zement zusammen ausdifferenziert.

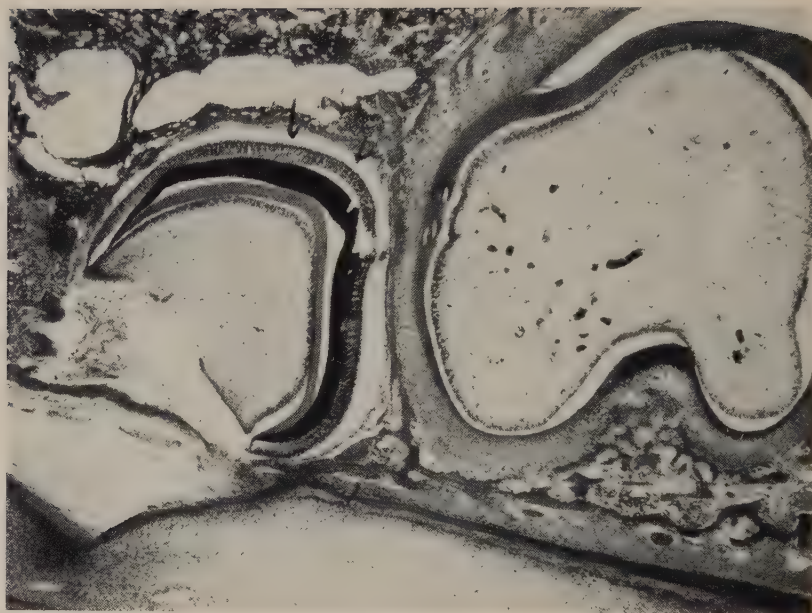


Abb. 12

Querschnitt durch den Unterkiefer einer 29 Tage alten Ratte mit den Anlagen des dritten Molaren. Die Wurzel des zweiten Molaren ist quergetroffen und füllt die rechte Bildhälfte. Während das Paradentium des dritten Molaren noch ganz undifferenziert ist (Pfeile), hat sich der Halteapparat des zweiten Molaren nahezu vollständig ausgebildet.

Färbung: Azan, Vergr. $40\times$ (Panphot).

SCHRIFTTUM

- Benninghoff, A.*: Funktionelle Anpassung im Bereich des Bindegewebes.
Erg. H. Anat. Anz. 72, 62–69, 1931.
- Dependorf*: Mitteilungen zur Anatomie und Klinik des Zahnfleisches und der Wangenschleimhaut nach mikroskopischen Untersuchungen verschiedener Altersstadien.
Oest. Ung. Vjschr. 41, 2 + 3, 1903.
- Ebner, v.*: Histologie der Zähne unter Einschluß der Histogenese.
Scheffs Handb. d. Zahnheilkunde I, 273.
Verl. A. Hölder Wien u. Leipzig 1909.
- Eidmann, H.*: Die Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen.
Verl. Hermann Meuser, Berlin 1923.
- Euler, H.*: | Patho-Histologie der Zähne.
Meyer, M.: | J. F. Bergmann Verlag München 1927.
- Eschler, J.*: Zur Frage der Entwicklung des Paradentiums.
Z. Stomat. 37, 134–151 + 202–213, 1939.
- Eschler, J.*: Über die Auswirkung und Bedeutung der muskulär-funktionellen Inanspruchnahme des Zahnes für die Entwicklung der parodontalen Gewebe zum Gewebssystem Paradentium.
Dt. Zahnärztl. Ztschr. 3, 603–612 + 694–705, 1948.
- Eschler, J.*: Wesen und Möglichkeiten der Verwendung von kontinuierlichen und intermittierenden Kräften im Rahmen des Andresen-Häupl'schen Behandlungssystem.
Z. Stomat. 47, 53–75, 1950.
- Eschler, J.*: Die Kausalgenese des Paradentiums.
Morph. Jahrbuch 90, 262–297, 1950.
- Feneis, H.*: Gefüge und Funktion des normalen Zahnfleischbindegewebes.
Dt. Zahnärztl. Ztschr. 2, 467–489, 1952.
- Fischer, G.*: Bau und Entwicklung der Mundhöhle des Menschen.
Verl. W. Klinkhardt Leipzig 1909.
- Franke, J.*: Kräfteverteilung im parodontalen Stützgewebe.
Dt. Zahnärztl. Ztschr. For. Parodont. 1, 236, 1952.
- Fröhlich, E.*: Ein Beitrag zur Morphologie der parodontalen Schwundvorgänge.
Dt. Zahnärztl. Ztschr. 5, 187, 1948.
- Fröhlich, E.*: Entwicklung und Morphologie der Weichgewebe des Parodontiums.
Dt. Zahnärztl. Ztschr. For. Parodont. 1, 221–240, 1958.

- Goldmann, Henry, M.*: Periodontia.
Verl. C. C. Mosby Comp. St. Louis 1942.
- Goldmann, Henry, M.*: The Topography and Role of the Cingival Fibers.
J. Dent. Res. 30, 331, 1951.
- Gottlieb, B.*: Der Epithelansatz am Zahn.
Dt. Mschr. Zahnheilk. 5, 142, 1921.
- Gottlieb, B.; Greiner, E.*: Der histologische Bau der Meerschweinchenmolaren und ihres Befestigungsapparates.
Z. Stomat. 21, 565, 1923.
- Häupl, K.*: Über die Bedingungen für die Gewebsbildung im Paradentium.
Vjschr. Zahnheilk. 45, 606, 1929.
- Häupl, K.*: Über die funktionell-mechanisch und traumatisch verursachten Gewebsveränderungen im Paradentium.
Par. 3, 89, 1931.
- Häupl, K.*: Über die feingeweblichen Veränderungen bei funktionell bedingtem Knochenumbau.
Odont. Tidskrift 60, 209–234, 1952.
- Häupl, K.*: Die Entstehung des Milchgebisses und des bleibenden Gebisses unter Berücksichtigung der kieferorthopädischen Belange.
Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. V, 17–58, 1956.
- Häupl, K.*: Grundriß der Histo-Pathologie des Zahnes und seines Stützapparates.
Verlag Joh. A. Barth, Leipzig 1940.
- Huber, J.*: Der Faserverlauf des Periodontiums und seine Entwicklung im Milch- u. im bleibenden Gebiß, dargestellt an einem unteren Schneidezahn der Katze.
Z. Anat. u. Entw. gesch. 90, 64–114, 1929.
- Hinrichsen, K.*: Funktionsentwicklung des Parodontiums beim Goldhamstermolaren.
Acta Anat. 23, 166–180, 1955.
- Johnson, P. L.; Bevelander, G.*: The Role of the Stratum Intermedium in Tooth Development.
Or. surg. St. Louis 10, 437, 1957.
- Kellner, R.*: Das Verhalten der Zement- u. Periodontalspaltbreiten zur funktionellen Beanspruchung der Zähne.
Oest. Z. Stomat. 29, 44, 1931.
- Köhler u. Orban*: Die physiologische Zahnfleischtasche, Epithelansatz und Epitheltiefenwucherung.
Z. Stomat. 6, 1924.
- Kronfeld, R.*: Zement und Sharpey'sche Fasern.
Oest. Z. Stomat. 26, 314, 1928.
- Landsberger, R.*: Der makroskopische Beweis für die organische Einheit des Zahnes.
Dt. Mschr. Zahnheilk. 44, 291, 1926.

- Lanz, T. v.:* Zur Entwicklung der konstruktiven Form der Wurzelhaut.
Erg. H. Anat. Anz. 72, 83–135, 1931.
- Lehner, J.; Plenk, H.:* Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen.
V, 3.
Verlag Julius Springer Berlin 1936.
- Mach, H.:* Über die Fixation dauernd wachsender Zähne.
Korresp. Bl. Zahnärzte 1, 49–53 + 70–81, 1925.
- Meyer, R.:* Histologische Untersuchungen am Epithelansatz.
Z. Stomat. 34, 714, 1936.
- Meyer, W.:* Lehrbuch der normalen Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne der Menschen.
Verl. J. F. Lehmann München 1932.
- Mohr, E.:* Postnatale Entwicklung des Gebisses der Nagetiere.
Zool. Anz. 148, 193–199, 1952.
- Orban, B.:* Ist das Paradentium eine „organische Einheit“?
Z. Stomat. 24, 515–525, 1926.
- Orban, B.:* Normales Paradentium des Hundes.
Z. Stomat. 12, 847, 1924.
- Orban, B.:* Beziehung zwischen Zahn und Knochen. Bewegungen der Zähne.
Z. Anat. u. Entw. gesch. 83, 804–816, 1927.
- Orban, B.:* Entwicklungsgeschichte und Histogenese.
Mschr. Fortschr. Zahnheilk. 3, 749, 1927.
- Orban, B.:* Ein Beitrag zur Kenntnis der physiologischen Vorgänge im Periodontium.
Z. Stomat. 26, 973, 1928.
- Orban, B.:* Zahnfleischtasche und Epithelansatz.
Z. Stomat. 29, 858–879 + 1005–1040 + 1359–1376, 1931.
- Orban, B.:* Oral Histology and Embryology.
C. V. Mosby Comp., St. Louis 1944.
- Retterer, E.:* Ursprung und Entwicklung der zirkumradikulären Membran oder des Ligamentum circulare.
Dt. Mschr. Zahnheilk. 6, 162, 1925.
- Roben, J.:* Der Kauapparat als funktionelle Gestalt unter besonderer Berücksichtigung des Parodontiums.
Fortschr. Kieferorth. 18, 280–295, 1957.
- Roben, J.:* Beitrag zur Entstehung funktioneller Strukturen (am Beispiel des Parodontiums).
Verh. Anat. Ges. 54. Vers. Freiburg, 77–82, 1957.
- Reichenbach:* Umbildung der Schmelzpulpa und des Schmelzepithels während der Entwicklung des Zahnes.
Z. Anat. u. Entw. gesch. 80, 524–546, 1926 + 85, 490–540, 1928.

Rozeik, F.: Xerostomie und Kariesgenese.
Hab. schr. Mainz 1958.

Sicher, H.: Bau und Funktion des Fixationsapparates der Meerschweinchenmolaren.
Z. Stomat. 21, 580–594, 1923.

Siegmund, H.: Das Paradentium als funktionelles System.
Eine Schriftensammlung über Parodontose.
Dr. M. Gehlen Buchverlag d. Dt. Zahnärzteschaft 19, Berlin-Leipzig 1939.

Solberrick, R.; Rotherford, L.; Rabinowitsch, B.: Microscopic Studies of the Teeth
of a 6-year-old boy.
Anat. Rec. 105, 235–247 + 249–265, 1949.

Struck, W.: Das Ligamentum circulare und seine Beziehungen zur Alveolarpyrrhoe.
Dt. Mschr. Zahnheilk. 2, 59, 1915.

Tellier, J.: Das Paradentium.
Rev. Stomat. 12, 794, 1924.

Weidenreich, F.: Über die Beziehungen zwischen Zahn, Alveolarwand und Kiefer.
Knochenstudien VI. Teil.
Z. Anat. u. Entw. gesch. 81, 420, 1926.

Weidenreich, F.: Über Periodontium und Alveolarwand.
Z. Anat. u. Entw. gesch. 83, 817–819, 1927.

Wolf, J.: Plastische Histologie der Zahngewebe.
Dt. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 1940. 265–284, 507–538, 678–690, 1940.

Lebenslauf

Am 11. September 1931 wurde ich als erster von zwei Söhnen des Hoteliers Julius Englerth und seiner Ehefrau Lina, geb. Riesterer in Rottweil a. N. geboren. Nach vierjährigem Grundschulbesuch in Rottweil wechselte ich auf die „Oberschule für Jungen“ daselbst über und legte dort auch im Jahre 1951 meine Reifeprüfung ab.

Nach einer praktischen Ausbildung im zahntechnischen Laboratorium eines Zahnarztes begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Universität Würzburg, wechselte dann an die Universität Tübingen über und schloß mein vorklinisches Studium an der Universität Mainz mit der zahnärztlichen Vorprüfung im Herbst 1960 ab. Nach weiteren fünf klinischen Semestern beginne ich jetzt, im Frühjahr 1963, mit der Ablegung des zahnärztlichen Staatsexamens.

